试论数据中心电源系统的节能策略

摘　要：在数据中心的基础设施当中，电源系统是其重要的组成部分，是通信系统安全运行必不可少的基础保障。随着通信技术的发展和数据中心的不断增加，电源系统的节能降耗需求也愈发紧迫与必要。本文主要对数据中心电源系统在节能方面进行了研究，并提出一系列针对性意见。

关键词：数据中心；电源系统；节能
中图分类号：TU851　　文献标识码：A
文章编号：1671-0134（2018）07-063-02　　DOI：10.19483/j.cnki.11-4653/n.2018.07.017

文 / 汤连军

随着通信技术的发展和数据中心的不断增加，电源系统的节能问题也逐渐引起人们的关注。这既是社会可持续发展的需要，也和企业的经济效益直接相关。但目前电源节能方面还存在着诸多问题，这就要求相关技术人员结合实际需要，从理论分析入手，并在实践中不断总结经验，以此提升电源系统的节能效果，以实现其良好的经济效益和社会效益。

1. 数据中心电源系统的发展现状

电源系统是数据中心的关键基础设施，涉及的范围比较广泛，比如开关电源、相控电源、交直流不间断电源以及变配电设施等。电源主机的发展趋势包括提高效率、增强可靠性、减小占地面积等，这在机房空间紧缺、提升空间和能源有效利用率迫切的情况下尤为重要。以半导体器件为核心的多种技术发展，为数据中心电源技术的发展奠定了坚实的基础。早期的可控硅受开关频率的限制，多机并联的均流是限制其发展的障碍。随着晶闸管技术到 IGBT （Insulated Gate Bipolar Transistor 绝缘栅双极型晶体管）的换代，功率管的开关频率得到提高，功率单元间的均流控制变得更为容易，为机房电源实现多模块并联提供了可能。

目前，新的SiC半导体功率器件的制造工艺日益成熟，新的功率管的应用使得电源的斩波频率得到了大幅提升，由此带来功率单元的滤波电感、电容的小型化，这就为电源的模块化设计提供了的新的空间。在功率因数校正技术的作用下，通过电源输入功率因数的提升，降低了电网中的损耗，可以进一步提高设备的效率。由于电源系统本身智能化的加强，还可以通过运行模式的改变，动态调整设备的负载率，进一步提高设备的效率指标，也提高了技术人员维修检测的工作效率。[1]

2. 数据中心电源系统设计中的节能

2.1 电源前置安装到设备机房

48V 直流电源是运营商接入设备的常用电源。设备安装之前，首先要根据机房面积或机柜数量选定电源容量，并合理规划机房空间布局，尽量将电源靠近负荷中心地带。在条件允许的情况下，可以把直流电源直接安装在通信设备机房当中。因为电源电压等级越低，同等功率需要的电缆截面越大，采取这种方案带来的节能效果也就越明显。通过减少通信用电设备和配电屏之间的电缆长度，不仅可以降低线路损耗，同时可以减少投资成本。虽然就此会增加电源主机到电池间的电缆长度，但由于电池长时间处于浮充状态，电流太小，实际因电池电缆增加的线路损耗很低，对电池电缆的发热损耗完全可以忽略。[2] 通常情况下，只要把两种方案中用电设备和电源主机两者间的电缆发热耗损进行对比即可。通过采取以上措施，就可以把通信设备和直流屏之间的导线发热损耗有效降低，最终实现节约电能的目的。

具体的发热损耗公式如下：

Q=I2Rt

其中，Q 具体代表的是发热的耗损；I 则是代表电流；R 则代表的是电缆电阻；t 是电流经过电缆时间。一年的时间就是 $t=3.15*10^7s$ 。

由于线缆的电阻和长度成正比，根据上述两种不同的设计方案综合判断，将电源安装在通信机房内不但起到了减少电能耗损的效果，而且对电缆的投资大大降低，最终取得节能降本的良好效果。

2.2 利用高压直流供电取代传统的 UPS

在现有的数据中心当中，百分之九十以上的服务器是选用 UPS 进行直接供电的。因为绝大部分服务器电源模块及机房设备是按交流电源输入设计的，因此，UPS 的输出交流制式与普通市电电源兼容，通过交流 – 直流 – 交流的双变换，最终输出洁净、稳定的交流电源。通过图 1 与图 2 进行比较就会发现，高压直流 UPS 设备减少了直流 – 交流的逆变环节，并且随之也减少了一个服务器内部交流 – 直流整流的变换环节。这不仅简化了 UPS 系统的复杂性，还减少了两次电源变换过程，供电系统的发热损耗明显降低，对节约能源起到了很好的作用。[3]

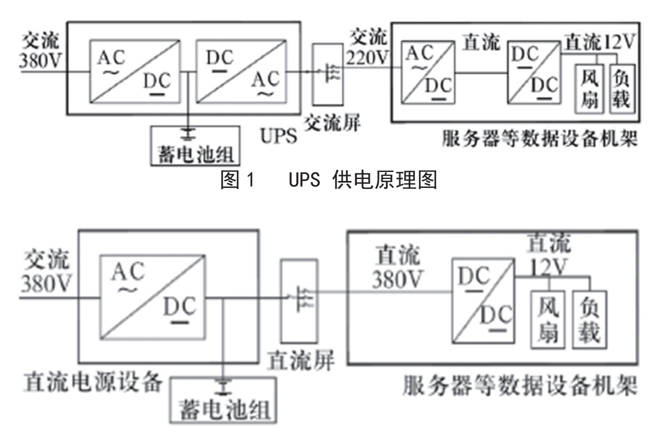


图 1　UPS 供电原理图

图 2　高压直流供电原理图

3. 系统运行维护中的节能

3.1 实现变压器的经济运行

在设备运行当中，变压器由于存在空载损耗（简称铁损）和负载损耗（简称铜损），所以电能的转换率总是低于 100%。在实际应用当中，变压器的损耗通常情况下还会因外部环境的变化而随之发生变化，具有一定的复杂性。如果电网的电压、频率等参数保持不变，变压器的空载损耗和负荷容量的大小并没有直接的关联，负载耗损和负载率直接呈现出非线性的对应关系。

变压器有功损耗公式如下：

$$P_T=P_0+KTP_K\beta^2$$

$$\beta=S_c/S_r$$

在这两个公式当中，P_0 所代表的是变压器的空载损耗，KT 为负载波动消耗系数，P_K 代表的是变压器的额定负载损耗，Sc 代表变压器的计算负荷，Sr 为变压器的额定容量，β 代表了变压器负载率。根据变压器的不同负荷率下的损耗可以得到其理论最佳负荷率。当多台变压器为负载供电时，可以根据实际负荷投入或退出 1 台变压器，使得变压器尽量运行在最佳负荷率附近，以降低系统的能耗。表 1 是 SCB10 系列变压器经济运行的临界负荷。如果实际的负荷值比表中"减少 1 台运行更经济的最大负荷"值小的情况下，就可以通过合理分担负载，将其中一台变压器直接关闭，如此不但能够将整体的损耗降到最小，并且还能够充分利用变压器轮流退出的时机进行检修维护，提升设备的可靠性，也有利于延长其使用寿命。

表 1　变压器经济运行的临界负荷表

变压器（KVA／台）	减少一台运行更经济的最大负荷率（%）	变压器（KVA/台）	减少一台运行更经济的最大负荷率（%）
1100 / 3	34	1100 / 5	41.3
1700 / 3	31.3	1700 / 5	36.9
1100 / 4	39.1	1100 / 6	42.3
1700 / 4	35.8	1700 / 6	43.1

3.2 对负载进行均衡分配

从上面的例子还可以看出，电源设备的效率随负载率变化而变化，因此，日常运维中还需要根据实际情况对负载进行合理分配，这样可以将电能的损耗降到最小。对于多台变压器，假如总荷载不变，实际投入运行的台数也已经是最低冗余数量，那么通过均衡变压器负载，就可以把总铜损降低到最小程度。[4] 对于智能化程度较高的 UPS 并联系统或通信电源模块，由于各并联功率单元间可以实现负载自动均分，根据负载的不同特性，通过启用系统的节能模式，根据负载率动态调整投入的功率单元数量，可以有效提升电源的整体效率。

3.3 对低压供电系统的谐波治理

通信设备多为非线性负载，这些设备会向供电回路注入多种谐波。严重的时候，不但会对供电系统的正常运行造成影响，而且还会使供电回路上的其他设备受到波及，严重发热，造成电能的浪费。所以，技术人员要重视供电系统的谐波问题，并采取有效的消谐措施，同样可以促进电源系统的节能。可以采取的措施包括采用十二脉冲整流加 11 次滤波器、增加 LC 滤波电路、加装有源滤波器以及进行无功补偿等。

4. 节能措施及效果案例

4.1 十二脉冲整流加 11 次谐波滤波器

某机房 S6 系列 2 组 4*200kVA 并机 UPS 系统，采用十二脉冲整流加 11 次谐波滤波器来消除谐波。通过现场实际测量，每台 UPS 负载率 30% 的情况下，三相输出电流平均 88A。同样负载条件下，不加 11 次滤波器时，三相输入电流平均值为 122A；11 次滤波器投入运行时，输入电流平均减小到 98A，每相电流相差 24A。

根据三相交流电功率计算：实际功率 P=1.732UIcosϕ，其中：cosϕ 为功率因数，一般取 0.9，P 为交流电的实际功率，U 为交流电的实际电压，I 为交流电的实际电流。计算结果显示，该型号 UPS 电源通过 11 次滤波器的投入，每台 UPS 能耗降低 14.2kW，年可节约电能 12.4 万 kW·h（度）。可以看出，为十二脉冲整流器配置 11 次滤波器，节电效果非常明显。

4.2 电源节能模式的应用

某机房运营商接入设备，将开关电源设置在节能模式下，当负荷较低时，保留一个冗余电源模块，其余模块进入轮候休眠状态，通过对比整流模块休眠前后的输入电流，对其节能效果进行测试。设备在闲暇时候的直流负荷为 82A，忙时候直流负荷为 108A，总共配备了两台相同容量的 400A 模块直流电源及配套蓄电池组，每台直流电源有 8 个 50A 直流模块插槽。当电源直流负荷小于 100A 时可以仅启动两个整流模块，当考虑冗余时可以最多启动 3 个整流模块，其他的模块便会停止工作，进入轮候休眠状态，这样做输入电流平均减少了大约

（下转116页）